COLIBRÍ®: PROGRAMA DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE ARMADURAS PLANAS, TRIDIMENSIONALES Y DE MARCOS, CON INTERFAZ GRÁFICA INTERACTIVA.

R. Arroyo Matus e I. Adame Gerardo

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero.
Ciudad Universitaria S/N, C. P. 39000, Chilpancingo, Gro., México.
Tel: (747) 1 20 87, Fax: (747) 2 79 43, Email: arroyomatus@hotmail.com

RESUMEN

Se presenta el programa de análisis estructural matricial COLIBRÍ® desarrollado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Guerrero. Este programa se incluirá próximamente en el libro "Análisis Estructural" de Jack McCormac, Alfaomega Grupo Editor, 2000. Esta nueva herramienta permite resolver armaduras planas, tridimensionales, vigas y marcos planos de una forma interactiva y con generación simultánea de gráficos en color para facilitar el análisis de este tipo de estructuras.

SUMMARY

COLIBRÍ® a multipurpose structural analysis software is presented in this paper. This program was developed at the Facultad de Ingeniería of the Universidad Autónoma de Guerrero, Mexico and has been recently included in the "Structural Analysis" McCormac´s book, edited by Alfaomega. COLIBRÍ® allows to solve planar and three-dimensional complex trusses, beams and frames. Interactive-educational characteristics and full automatic graphic output generation can be performed with this new program for more accurate structural analysis.

INTRODUCCIÓN

En este artículo, se presentan los programas de análisis estructural COLIBRÍ® desarrollados por los el autores de este documento en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Guerrero, México. COLIBRÍ® es una serie de programas basados en el método matricial de rigideces (Arroyo Matus, 1991; Chandrupatla, 1992; McCormac, 1994; Miramontes de León, 1996; Rockey *et al*, 1989; Zienkiewicz, 1967). Dichos programas, desarrollados para operar en ambiente Windows©, poseen características interactivas y despliegan gráficos de forma automática con el propósito de facilitar y volver más rápido y preciso el análisis de armaduras planas y tridimensionales, así como de vigas y marcos planos.

El colibrí *(Archilochus colubris)* es un ave muy pequeña (de entre 4 y 6 centímetros) que al alimentarse en las flores, disemina y poliniza diversas especies de plantas, permitiendo su reproducción. Los colibríes (Fig. 1) poseen la asombrosa capacidad de aletear hasta 80 veces por segundo y son las únicas aves que pueden volar en reversa y describir movimientos pendulares. Existen algunas especies que emigran volando miles de kilómetros desde Canadá hasta América Central.

Al igual que esta bella ave en la que se inspira la serie COLIBRÍ®, los programas, aún siendo "pequeños", poseen una gran capacidad para efectuar rápidamente el análisis, inclusive, de estructuras grandes y complejas. COLIBRÍ® trata además de "diseminar" ampliamente estos programas de alto desempeño (cuyos similares son excesivamente costosos), incluyéndolos gratuitamente en el disco compacto que se anexa en el libro "Análisis Estructural" de J. McCormac, edición 2000.




Figura 1 : Colibríes (cortesía de Corbis, Inc.).

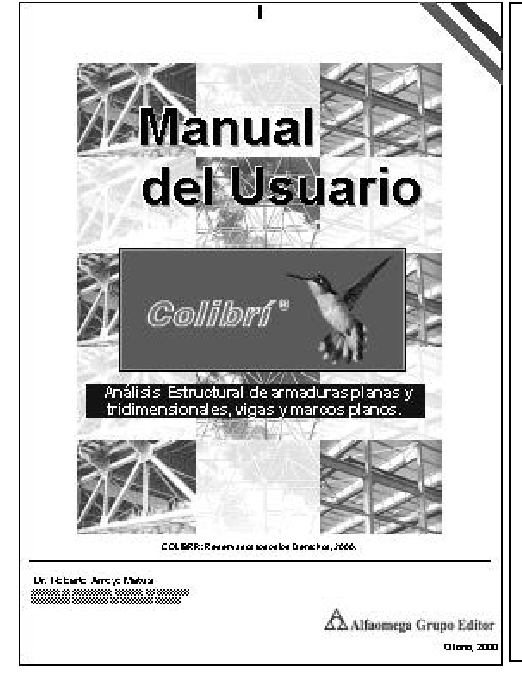
El proceso para el empleo de dichos programas es sencillo e intuitivo y permite su manejo y comprensión rápidamente, aún si no se tiene una gran experiencia en el empleo de microcomputadoras.

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.

Para utilizar los programas COLIBRÍ® se requiere disponer mínimamente de:

- Una microcomputadora con procesador 386SX (es recomendable que el programa sea instalado preferentemente en computadoras con procesador tipo Pentium ó similar).
- 8 MB de RAM y 10 MB de espacio libre en el disco duro.
- Lector de discos compactos (CD-ROM), ratón e impresora compatible con Windows©.
- Windows 3.1© (preferentemente Windows 95©, 98© ó 2000©).
- Un monitor SVGA: Configurado mínimamente en 800 x 600 píxeles, colores de 16 Bits y fuentes pequeñas.

MODO DE EMPLEO DE LOS PROGRAMAS



¡ MUY IMPORTANTE !

Antes de ejecutar cualquiera de los programas COLIBRÍ® debe leerse con atención el ***Manual del Usuario*** contenido en el directorio "Manual" del disco compacto. Este manual debe preferentemente imprimirse y tenerse a la mano para consultarlo las veces que sea necesario. Esto permitirá explotar el programa eficientemente y evitará cometer errores de operación ó de interpretación.

ES IMPORTANTE RECORDAR : Que los programas no deben emplearse si no se ha consultado dicho manual.

Figura 2 : Ejemplar del ***Manual del Usuario*** contenido en el disco compacto.

Instalación de los programas COLIBRÍ®.

El proceso de instalación de los programas COLIBRí® es muy sencillo ya que el usuario sólo tiene que ejecutar los pasos que el programa de instalación le solicite. Es este mismo programa quien se encargará de instalar automáticamente los programas en la computadora.

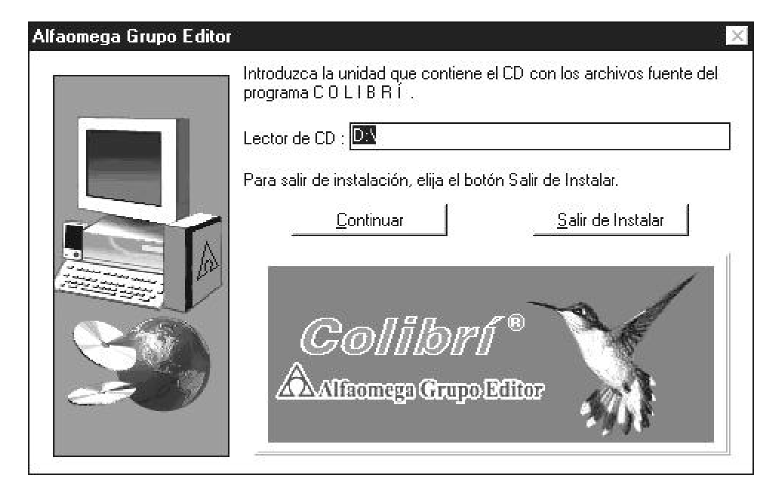


Figura 3 : Ventana de instalación (extracto).

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE ARMADURAS PLANAS (Arm2d.exe), TRIDIMENSIONALES (Arm3d.exe) Y DE VIGAS Y MARCOS PLANOS (Marcos.exe)

Pantalla principal.

Los tres programas con los que cuenta COLIBRí® son muy similares entre sí. A continuación se presentan algunas de las ventanas que los programas poseen:

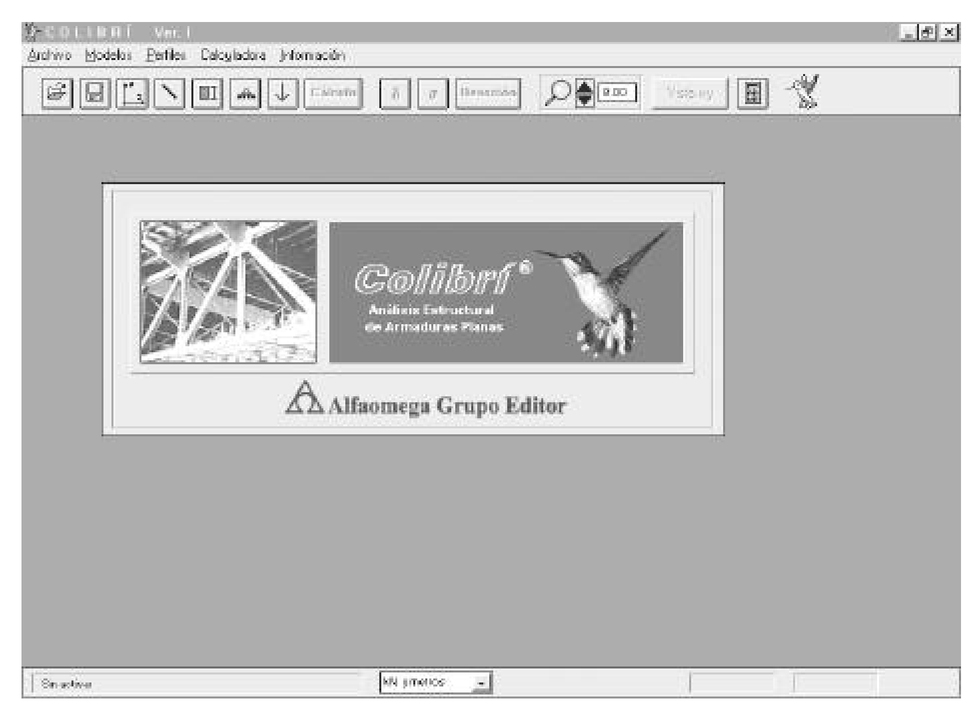


Figura 4 : Pantalla principal y de apertura del programa Arm2d.exe.

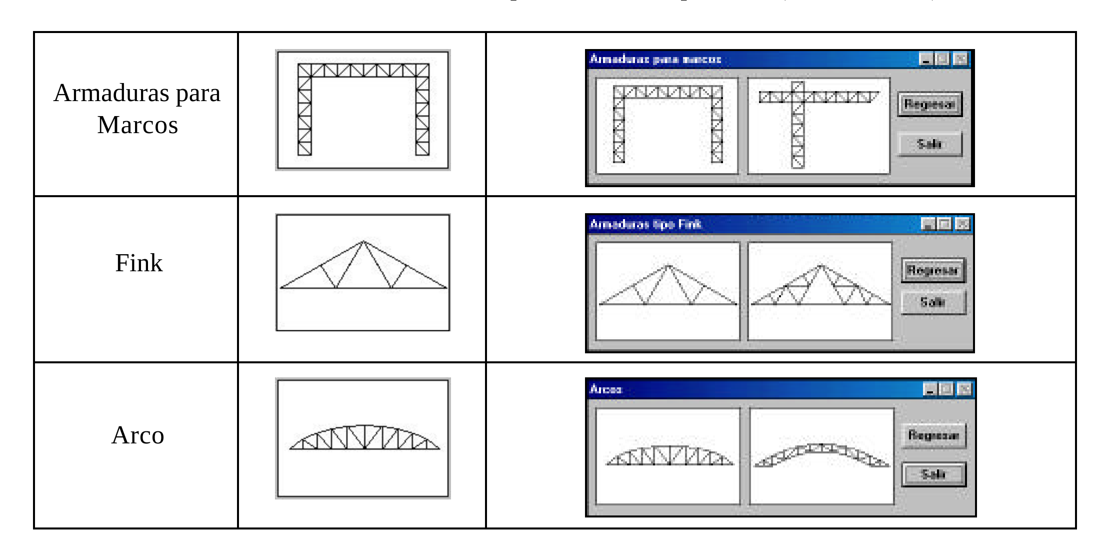
Los programas deben ejecutarse empleando unidades consistentes ; la barra de información localizada en la parte inferior de la pantalla principal de los programas muestra una zona que recuerda al usuario las unidades que deben emplearse en el proceso de cálculo.

Observe que en la barra del menú principal (parte superior de la Fig. 4) existe la opción "Modelos". Esta opción es una de las más importantes, ya que con ella se pueden generar, de forma automática, la geometría de algunos de los tipos más comunes de armaduras planas (Tabla 1). Esta opción también está disponible para generar armaduras tridimensionales y marcos, las cuales se verán más adelante. El usuario puede definir la longitud y la altura deseadas de forma rápida y sencilla (Fig. 5). Esta función permite una gran economía de tiempo.

Tabla 1 : Familias de armaduras predefinidas disponibles.

Tipo	Imagen	Familia
Cuadrado		Armaduras de tipo cuadrado Regresar Salir
Triangular cuadrado		Triangular cuadrada Regresar Salir
Warren		Armaduras tipo Warren Regresar Salir
Triangular		Armaduras triangulares Regresar Salir
Pratt		Armaduras tipo Pratt Regresar Salir

Tabla 1 : Familias de armaduras predefinidas disponibles (Continuación).



Armaduras para Marcos		
Fink		
Arco		

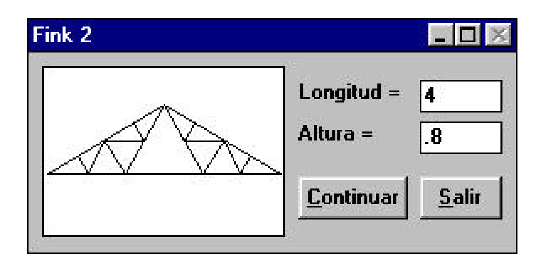


Figura 5 : Ejemplo de ventana que permite dimensionar el tipo de armadura elegida.

Otras ventanas que pueden obtenerse al operar la barra del menú principal son las siguientes:

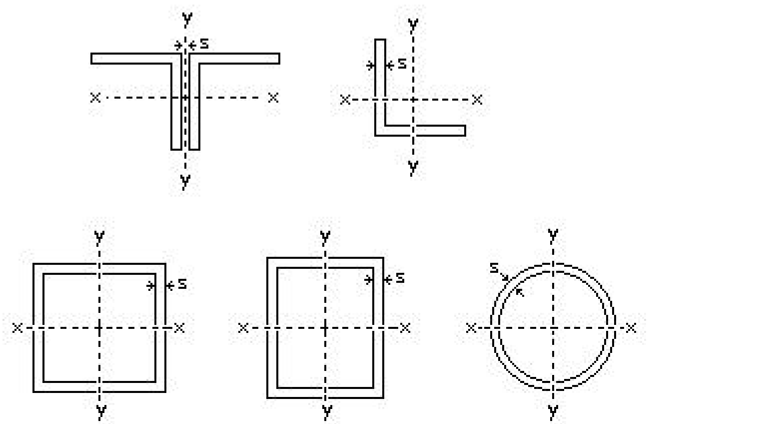


Figura 6 : Tipos de secciones disponibles.



Figura 7 : Calculadora estándar.

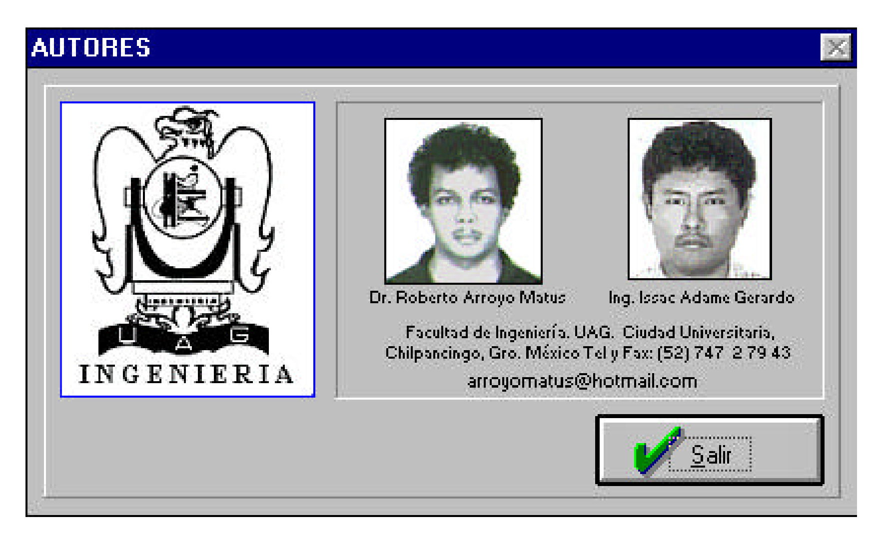


Figura 8 : Ventana de información "Autores".

Operación de los programas

La ejecución de los programas consta de 3 etapas:

1. **Preprocesamiento** (Introducción de datos).
2. **Procesamiento** (Ejecución del cálculo).
3. **Posprocesamiento** (Obtención de resultados).

Es importante indicar que para llevar a cabo cada una de estas etapas, el usuario seguirá un procedimiento sencillo, que debe, necesariamente, seguir una secuencia ordenada. En las ventanas siguientes se muestra parte de este procedimiento. A continuación se muestran las ventanas que interviene en la etapa del preprocesamiento:

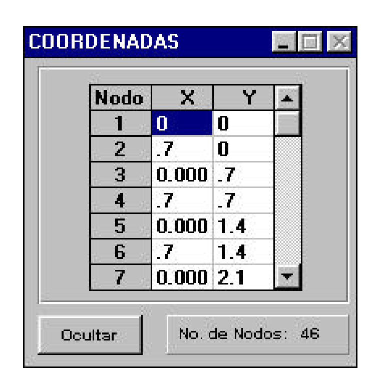


Figura 9 : Ventana Coordenadas.



Figura 10 : Ventana Elementos.

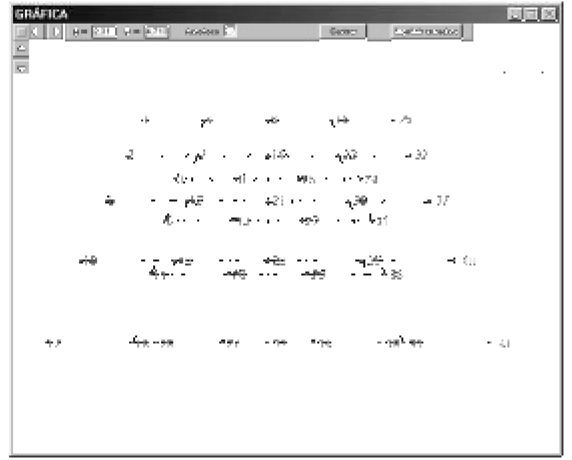


Figura 11 : Ventana Gráfica.

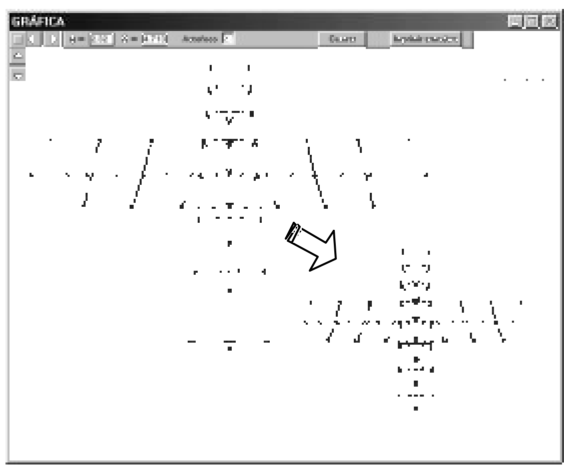


Figura 12 : Propiedad que permite disminuir o aumentar el tamaño de la estructura.

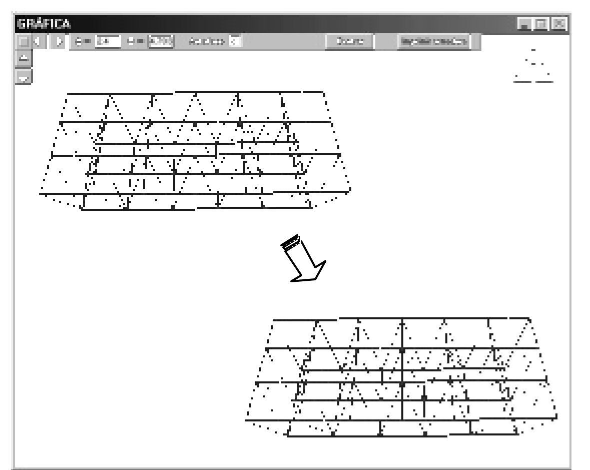


Figura 13 : Propiedad que permite transladar la estructura a cualquier punto de la ventana.

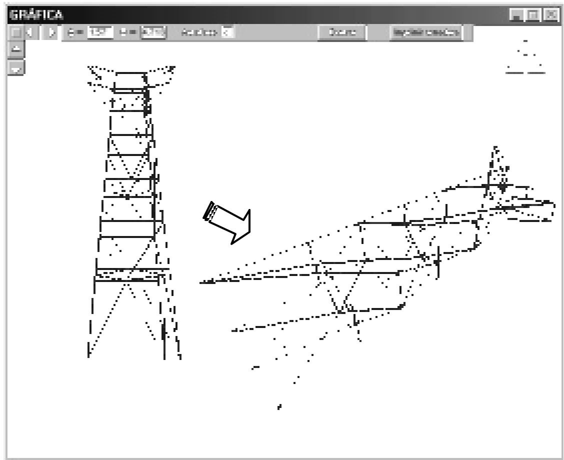


Figura 14 : Propiedad que permite girar la estructura.

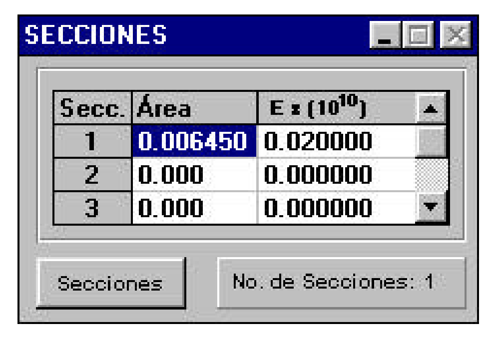


Figura 15 : Ventana Secciones.

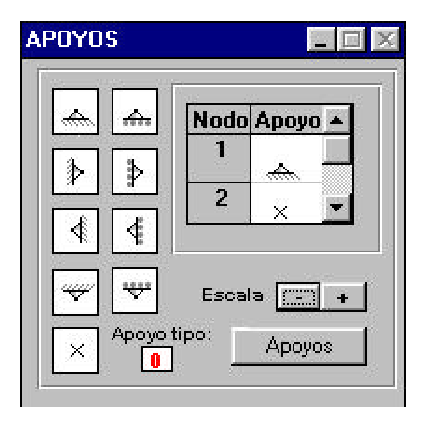


Figura 16 : Ventana Apoyos.

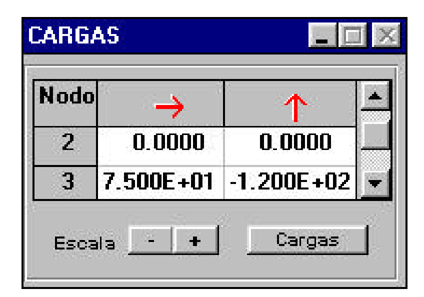


Figura 17 : Ventana Cargas.

A continuación se muestran las ventanas que interviene en la etapa de procesamiento:

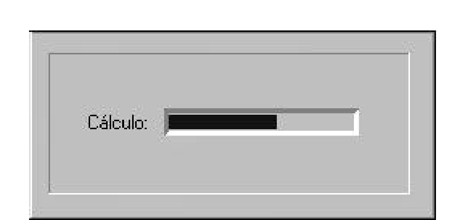


Figura 18 : Avance del cálculo.

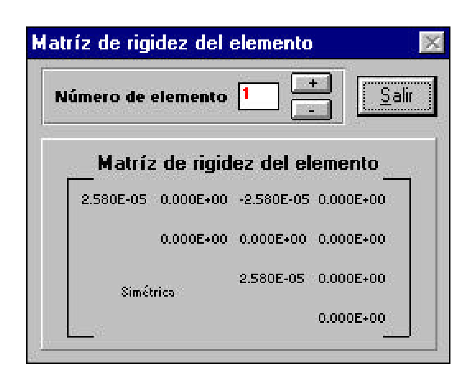


Figura 19 : Matriz de rigidez de un elemento.

Y por último, se muestran las ventanas que intervienen en el posprocesamiento:

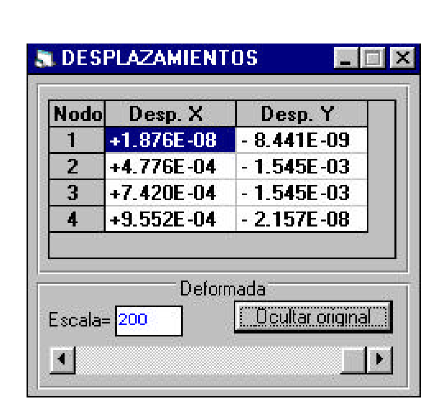


Figura 20 : Ventana Desplazamientos.

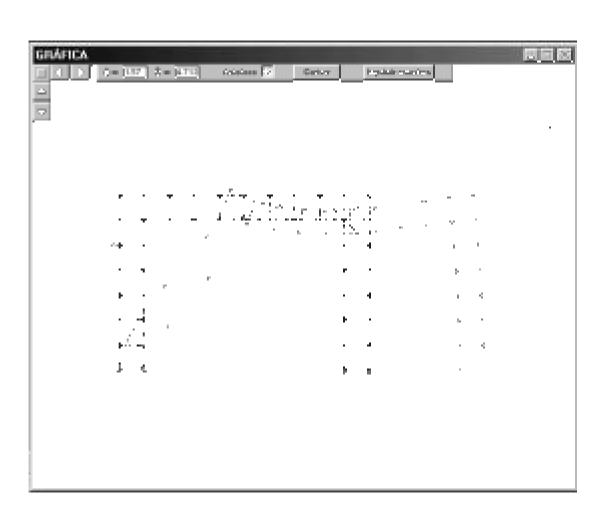


Figura 21 : Deformación de la estructura.

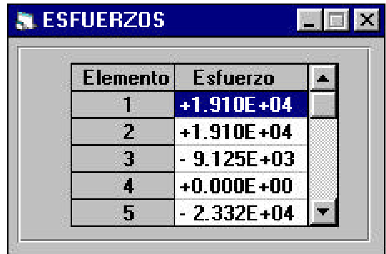


Figura 22 : Ventana Esfuerzos.

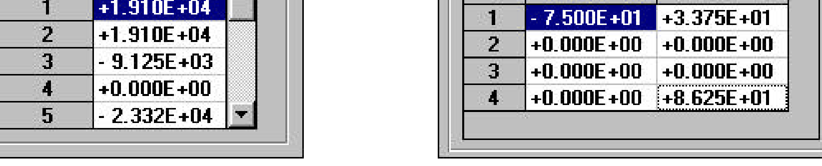


Figura 23 : Ventana Reacciones.

Por otro lado, los modelos disponibles para la generación automática de armaduras tridimensionales son los siguientes:

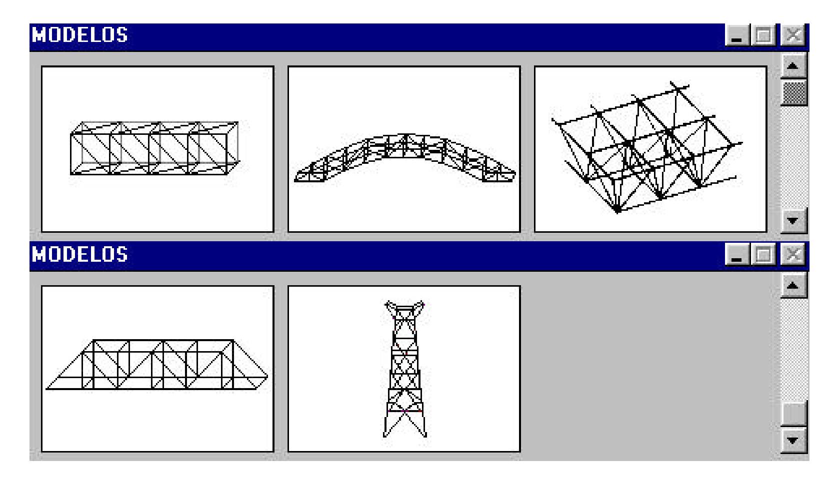
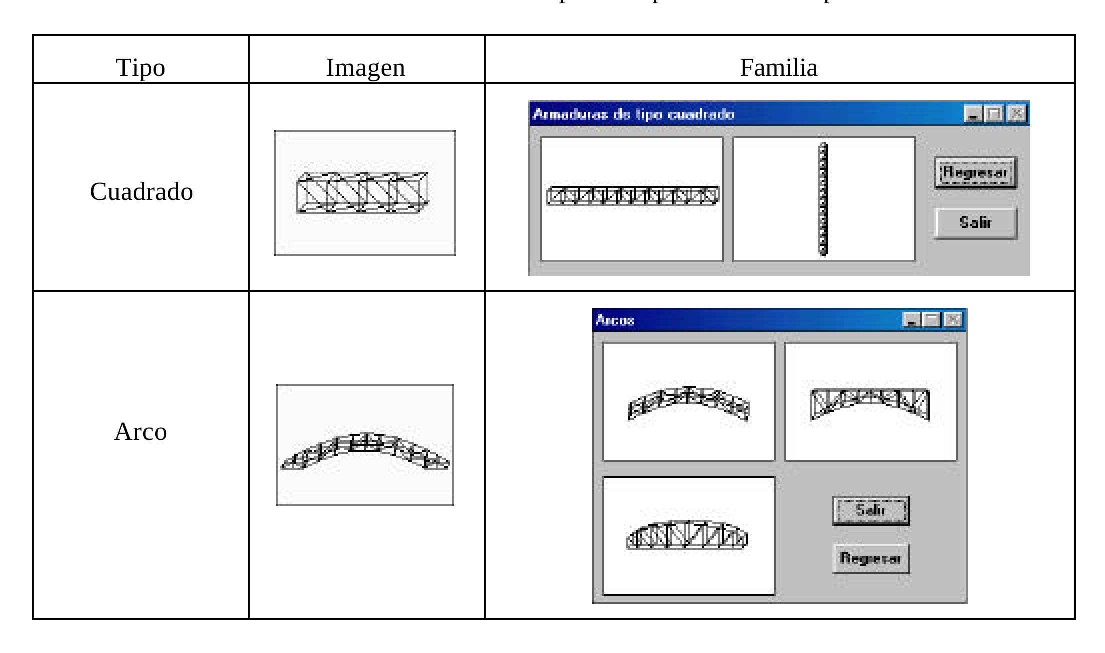


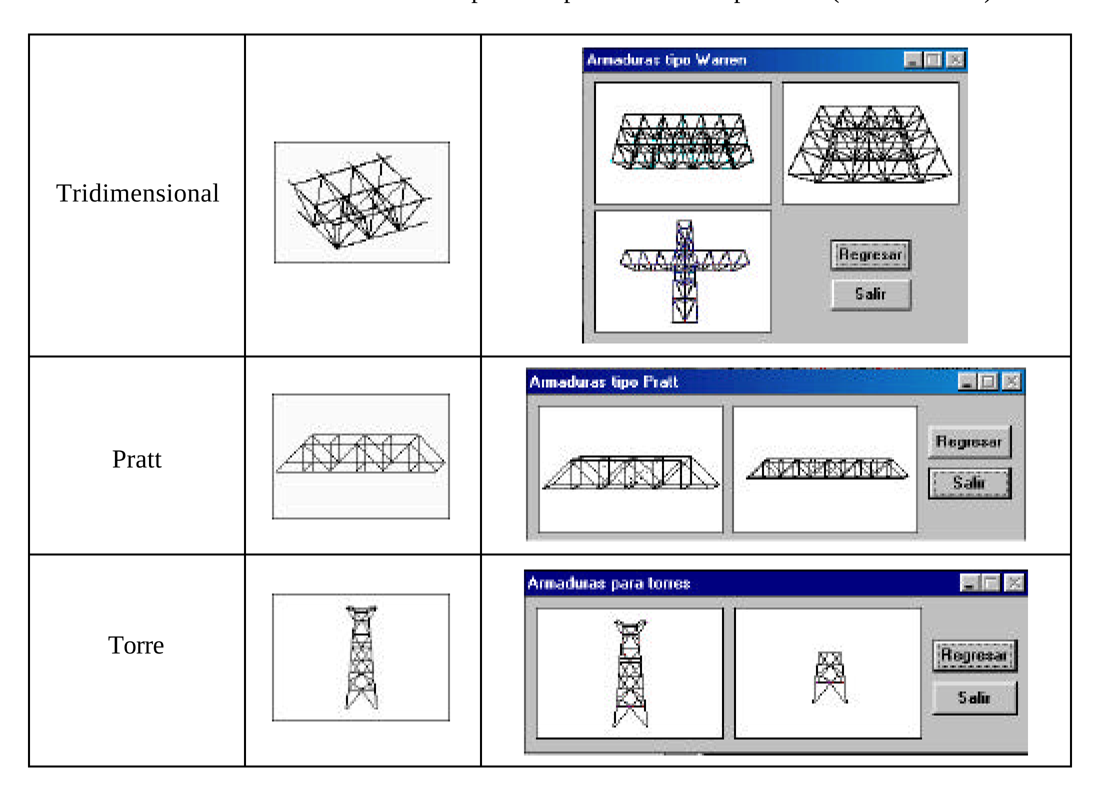
Figura 24 : Ventana Modelos.

Tabla 2 : Familias de armaduras espaciales predefinidas disponibles.



Tipo	Imagen	Familia
Cuadrado		
Arco		

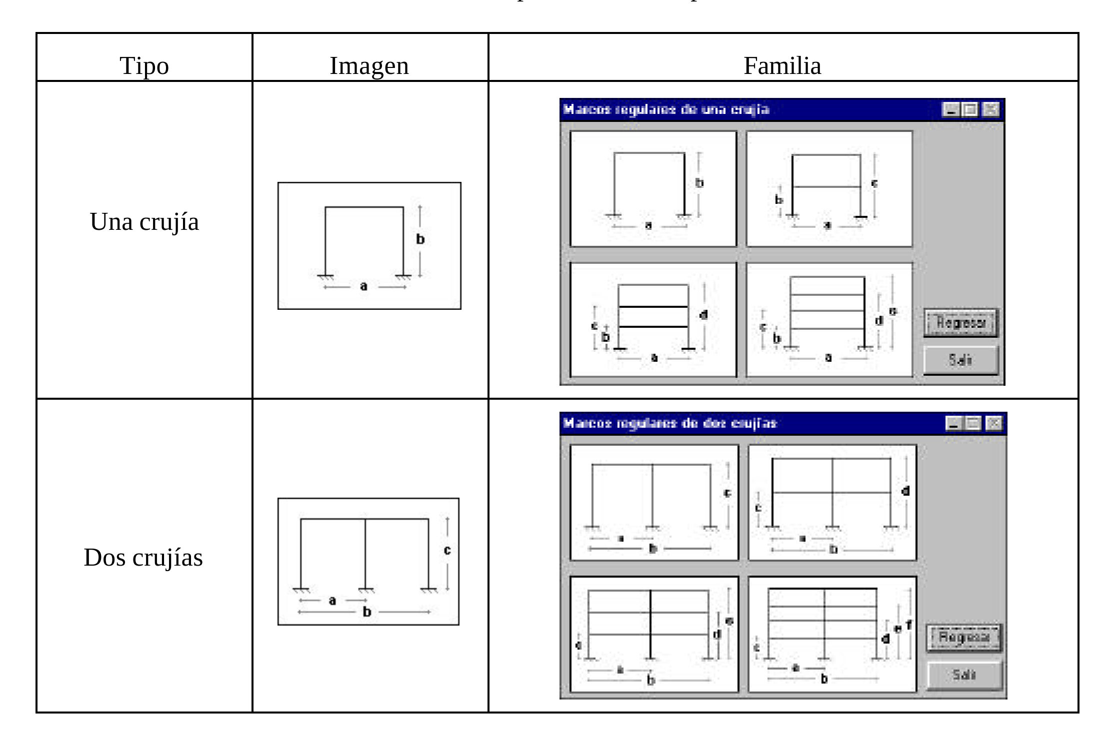
Tabla 2 : Familias de armaduras espaciales predefinidas disponibles (Continuación).



Tridimensional		Armaduras tipo Warren Regresar Salir
Pratt		Armaduras tipo Pratt Regresar Salir
Torre		Armaduras para torres Regresar Salir

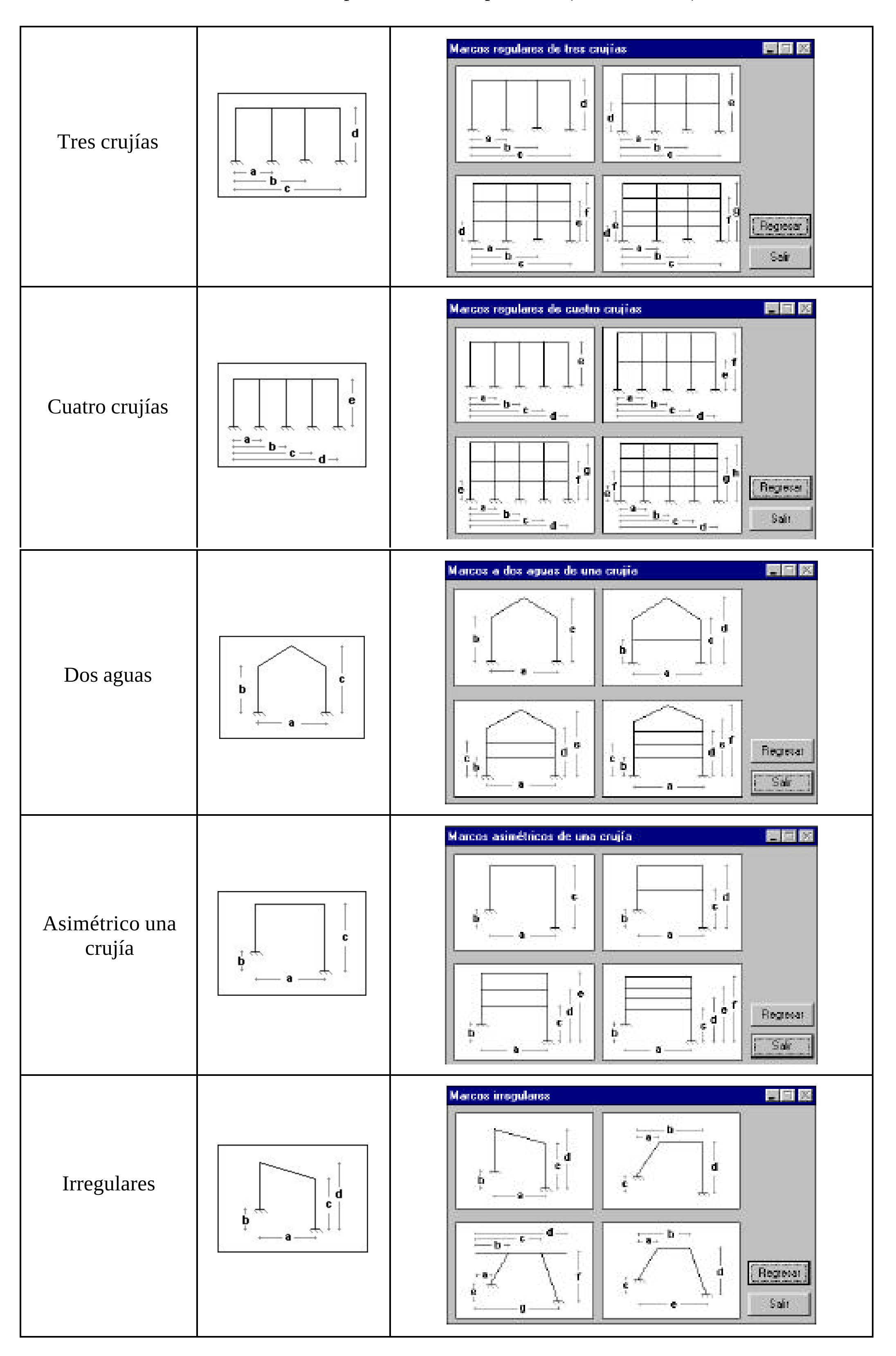
Y los modelos disponibles para la generación automática de marcos son los siguientes:

Tabla 3 : Marcos predefinidos disponibles.



Tipo	Imagen	Familia
Una crujía		Marcos regulares de una crujía Regresar Salir
Dos crujías		Marcos regulares de dos crujías Regresar Salir

Tabla 3 : Marcos predefinidos disponibles (Continuación).



Tres crujías		
Cuatro crujías		
Dos aguas		
Asimétrico una crujía		
Irregulares		

El programa Marco.exe puede generar de forma automática la deformada y los diagramas de cortante y momento flexionante (figs. 25 y 26).

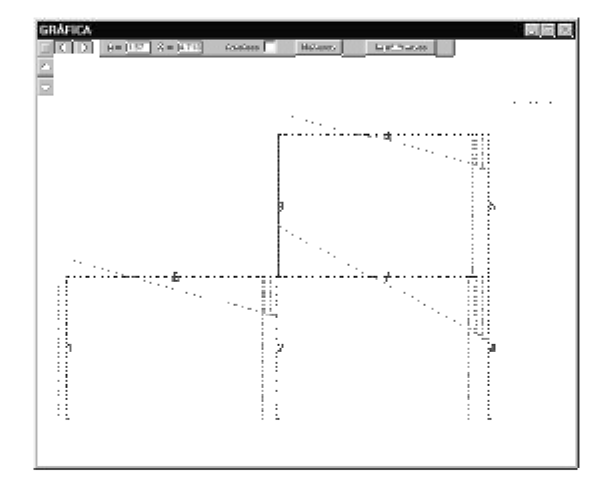


Figura 25 : Diagrama de cortantes.

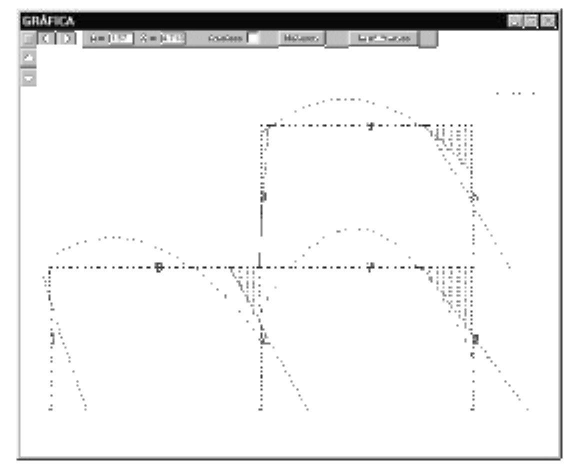


Figura 26 : Diagrama de momentos.

CONCLUSIONES

Los programas han sido elaborados con el fin de aportar una herramienta más versátil para el análisis y revisión de estructuras a través del método matricial de rigideces. Al emplear dichos programas, el usuario podrá apreciar que pueden resolverse, en cuestión de segundos, estructuras cuya resolución manual podría tomar varias horas.

Un programa de este tipo no debe emplearse como una “caja negra” a la que se le dan datos, a cambio de resultados; es importante que el usuario estudie y comprenda ampliamente los conceptos teóricos en que se basa el método y resuelva manualmente diversas estructuras antes de emplear cualquier programa de análisis estructural. Esto le permitirá afianzar aún más los aspectos teóricos y podrá sensibilizarse y comprender mejor los fenómenos que se presentan en la mecánica estructural.

El empleo de los programas sin ésta base teórica ni el ejercicio manual podría ser fuente de graves errores. El usuario debe tener presente que la introducción de datos erróneos ó de modelos estructurales deficientes, producirá resultados inadecuados y poco representativos de la estructura real que se pretenda modelar.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a los CC. Ing. Rosa María Loaeza Lozano (SEP), Dr. Amador Terán Gilmore (UAM-Azcapotzalco), M. en C. Andrés Gama García (UAG), Ing. Rogelio Guinto Herrera (UAG), Dr. Alberto Salgado Rodríguez (UAG), Dr. Mario Ordaz Shroeder (UNAM), Dr. Diego Miramontes de León (UAZ), Dr. Fabrice Morestin (INSA-Lyon), M. I. Gerôme Gélin (U. Lyon), y al Dr. José Alberto Escobar Sánchez (UNAM) por sus valiosos comentarios y sugerencias. Un agradecimiento especial al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

1. **Arroyo Matus, R.**, "3D FEM for Spatial Trusses", Technical training´s final report, Building Research Institute, Tsukuba Science City, Japan, 1991.

2. **Arroyo Matus, R.**, "Developpement d'un nouveau connecteur por les poutres mixtes acier-béton : Étude expérimentale et simulation numérique du comportement", Thèse de Doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Francia, 1997.

3. **Arroyo Matus, R.**, **Jullien, J. F.**, "A new shear connector for composite steel-concrete beams", ASCE Composite Construction IV, American Society of Civil Engineers, Germany, 1996.

4. **Chandrupatla, T. R., Belegundu, A. D.**, "Introduction to Finite Elements in Engineering", Prentice-Hall, USA, 1992.

5. **McCormac, J., Elling, R.**, "Análisis de Estructuras, Método Clásico y Matricial", Alfaomega, México, 1994.

6. **Miramontes de León, D.**, "Modèle Global pour l'Analyse des Poutres en Béton Armé", Thèse de Doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Francia, 1996.

7. **Rockey, K., Evans, H., Griffiths, D., Nethercot, D.**, "Finite Element Method", Eyrolles, Paris, 1989.

8. **Zienkiewicz, O. C., Y. K. Cheung.**, "The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics". McGraw-Hill, London, 1967.